

CONTROL METHOD FOR ROBOT EQUIPPED WITH SOFTWARE CAGE FUNCTION

Publication number: JP7129214

Publication date: 1995-05-19

Inventor: KARAKAMA TATSUO; KATOU MORITAKE

Applicant: FANUC LTD

Classification:

- international: **B25J9/10; B25J9/16; G05B19/19; B25J9/10; B25J9/16; G05B19/19; (IPC1-7): G05B19/19; B25J9/10; B25J9/16**

- European:

Application number: JP19930300849 19931108

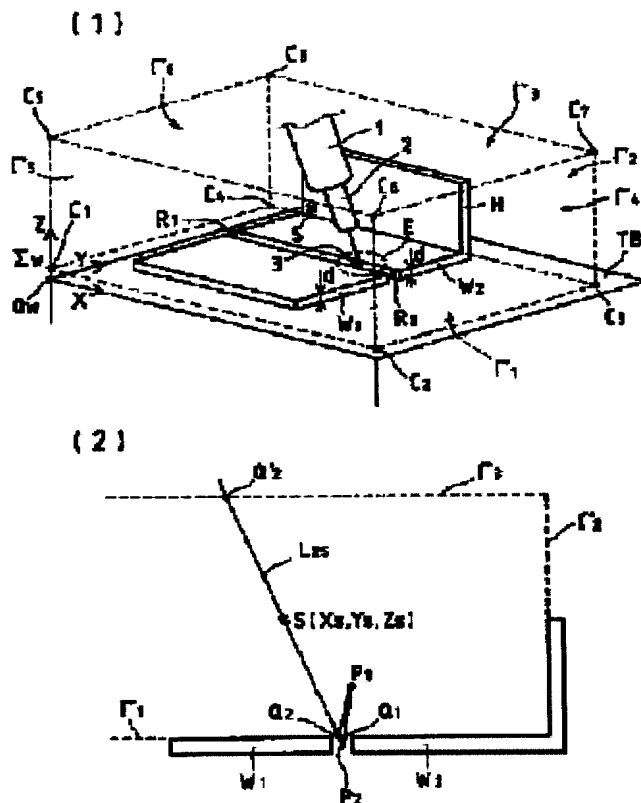
Priority number(s): JP19930300849 19931108

Report a data error here

Abstract of JP7129214

PURPOSE: To provide the robot control method equipped with the software cage function which is superior in practicality.

CONSTITUTION: Works W1 and W2 are respectively a rectangular flat plate of thickness (d) which is set on a work table TB and an L-shaped work which has a perpendicular wall part H and a welding torch 2 fitted to a robot hand part 1 is used for arc welding at linear abutting parts R1 and R2 of the both. To evade interference between the works W1 and W2, etc., robot operation permissible areas C1-C8 (boundary surfaces GAMMA1-GAMMA6) and a reference point S are set. When an instruction for movement from a position P1 to a position P2 is given to a robot, it is decided whether each interpolation point on the route extending to the point P2 is inside or outside a cage; when it is decided that the point is outside a robot operation permissible area, the straight line passing the interpolation point and reference point S is found, the position of the intersection Q2 of the straight line and the surface of a cubic area is calculated, and the robot moves to the point Q2 as a target point. This method is applied when a position is taught, when a robot operation program is reproduced for operation, when a robot is moved by an each-axis-value interpolation system, etc., so that great interference accident prevention effect can be expected.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-129214

(43) 公開日 平成7年(1995)5月19日

| | | | | |
|---------------------------|------|---------|-----|--------|
| (51) Int.Cl. ⁶ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
| G 0 5 B 19/19 | M | 9064-3H | | |
| B 2 5 J 9/10 | A | | | |
| 9/16 | | | | |

審査請求 未請求 請求項の数 1 F D (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平5-300849

(22) 出願日 平成5年(1993)11月8日

(71) 出願人 390008235

ファナック株式会社

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地

(72) 発明者 唐鎌 立男

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

(72) 発明者 加藤 盛剛

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

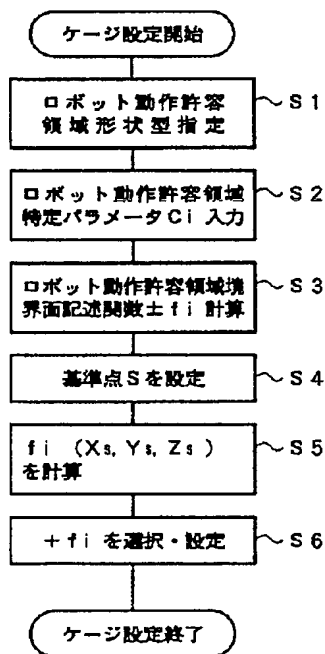
(74) 代理人 弁理士 竹本 松司 (外4名)

(54) 【発明の名称】 ソフトウェアケージ機能を備えたロボット制御方法

(57) 【要約】

【目的】 実用性に優れたソフトウェアケージ機能を備えたロボット制御方法の提供。

【構成】 W1, W2 はワークテーブルTB上にセットされた厚さdの長方形平板ワーク及び鉛直壁部Hを有するL字ワークで、両者の直線状の突合せ部R1 R2 に対して、ロボットハンド部1に取り付けられた溶接トーチ2によるアーク溶接が行なわれる。各ワークW1, W2 等との干渉を回避する為に、ロボット動作許容領域C1 ~ C8 (境界面Γ1 ~ Γ6) と基準点Sが設定される。ロボットに位置P1 からP2 へ向かう移動命令が与えられると、点P2 へ向かう経路上の補間点毎にケージ内外いずれに属する点であるかを判別し、ロボット動作許容領域外の点であると判別され、その補間点と基準点Sを通る直線が求められ、該直線と直方体領域表面との交点Q2 の位置が計算され、ロボットは点Q2 を目標点として移動する。この手法を、位置教示時、ロボット動作プログラム再生運転時、各軸値補間方式によるロボット移動時等に適用すれば、顕著な干渉事故防止効果が期待出来る。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ソフトウェア手段の処理能力を有するロボット制御装置に対し、作業空間内におけるロボット動作許容領域データと該ロボット動作許容領域の内部に位置した基準点の位置データとケージ内外判定／ロボット位置変換ソフトウェアを含むソフトウェアケージを予め設定し、ロボットの動作時にロボット移動目標位置を定めるに際し；前記ソフトウェアケージを用い、命令されたロボット移動目標位置が前記ロボット動作許容領域に属するか否かを判定し、ロボット動作許容領域内に属しない場合には前記命令されたロボット位置と前記ロボット動作許容領域内に予め設定された基準点とを結ぶ直線と前記ロボット存在許容領域の境界との交点を求めて該交点位置をロボット移動目標位置とし、前記命令されたロボット移動目標位置が前記ロボット動作許容領域に属する場合には該命令された位置をロボット移動目標位置としてロボットを移動させることを特徴とするソフトウェアケージ機能を備えたロボット制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本願発明は、ソフトウェア手段の処理能力を有するロボット制御装置を用いてロボットの動作を制御する為の方法に関し、更に詳しく言えば、新規なソフトウェアケージ機能によって、ロボットが許容領域外に出ることを防止しつつ合理的なロボット軌跡を定めることが可能なロボット制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】再生運転時のロボットと周辺機器、ワーク等との干渉の防止、ブレイバック方式による位置指示時のツールとワークの衝突防止等の目的や安全対策上の理由から、ロボットを特定の限定された領域（ケージ）内で運動させる必要が生じることは珍しくない。従来、ロボットの動作領域を制限するには、ロボットの各軸の最大・最小値をメカニカルな手段あるいはソフトウェアによって指定する方式が多く採用されてきたが、このような方式では実際の作業空間内における動作許容領域の境界が不明確とならざるを得ず、実際に必要とされる動作許容領域に整合したケージ設定が困難であった。

【0003】また、作業空間内における直方体領域をケージに指定する方式も知られているが、ケージ外へ移動するような動作命令を受けたロボットは、合理的に移動目標点の変更を行なう手段を持たない故に、その命令を受けた時点あるいはケージ境界に到達した時点で動作を停止してしまうという問題があった。更に、これら従来の各軸値を制限する方式や動作領域を設定する方式においては、動作許容領域を変更する場合に動作プログラム自体の変更が求められることが多かった。そして、制限領域付近での動作指示が必要な場合には、多数の精密な指示点が必要となるという問題点もあった。例えば、ロボットを利用してアーク溶接を実行する為にブレイバック

ク方式による指示を行なう際には、ロボットに支持させた溶接トーチをワーク加工面に極く近い位置まで接近させた状態で多数の点において位置指示を行なう必要が生じるが、このような場合に、指示作業時の安全（溶接トーチとワークの衝突の防止）を確保しつつ、指示作業自体を支援出来るようなケージ機能を備えたロボットの制御方法は未だ知られていない。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本願発明の目的は、上記従来技術の種々の問題点を克服することにある。即ち、本願発明は、（１）実際の作業空間内における動作許容領域の境界が明確で、実際に必要とされる動作許容領域に整合したケージ設定が容易であり、（２）動作許容領域から外れる命令を受けた場合でも、合理的に移動目標点の変更を行なうことによってロボット動作を継続することができ、（３）動作許容領域を変更する場合でも、動作プログラム自体の変更を要せず、（４）制限領域付近での動作指示が容易となるソフトウェアケージ機能を備えたロボット制御方法を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本願発明は、「ソフトウェア手段の処理能力を有するロボット制御装置に対し、作業空間内におけるロボット動作許容領域データと該ロボット動作許容領域の内部に位置した基準点の位置データとケージ内外判定／ロボット位置変換ソフトウェアを含むソフトウェアケージを予め設定し、ロボットの動作時にロボット移動目標位置を定めるに際し；前記ソフトウェアケージを用い、命令されたロボット移動目標位置が前記ロボット動作許容領域に属するか否かを判定し、ロボット動作許容領域内に属しない場合には前記命令されたロボット位置と前記ロボット動作許容領域内に予め設定された基準点とを結ぶ直線と前記ロボット存在許容領域の境界との交点を求めて該交点位置をロボット移動目標位置とし、前記命令されたロボット移動目標位置が前記ロボット動作許容領域に属する場合には該命令された位置をロボット移動目標位置としてロボットを移動させることを特徴とするソフトウェアケージ機能を備えたロボット制御方法。」によって上記技術課題を一挙に解決したものである。

【0006】

【作用】本願発明のロボット制御方法を実施する際には、ソフトウェア手段の処理能力を有するロボット制御装置に対してソフトウェアケージの設定が行なわれる。このようなロボット制御装置自体は既に多くのものが知られている（後述実施例参照）。そして、ロボット制御装置に設定されるソフトウェアケージには少なくとも次のものが含まれる。

【１】作業空間内におけるロボット動作許容領域を表わすデータ。具体的には、直方体等の多面体、円柱、球あるいはこれら形状の組合せて指定されるロボット動作領

域の境界を形成する面または線を表わす方程式のデータがロボット制御装置に与えられる。なお、ロボット動作領域は上記多面体、円柱、球あるいはこれら形状の組合せの外側領域として指定される場合もあり、また、例えば $X \geq X_0$ 且つ $Y \geq Y_0$ (Z に制限無し)のような開放領域指定を行なうこともある。

〔2〕上記ロボット動作許容領域の内部に位置した基準点(通常は1個であるが、ロボット動作許容領域の形状が複雑な場合には2個以上のこともあり得る)の位置データ。

〔3〕動作プログラムデータに基づいて命令されるロボット移動目標位置あるいはマニュアル指令入力に由来して命令されるロボット移動目標位置が上記ロボット動作許容領域内・外いずれに属するかを判定し、上記ロボット動作許容領域外に属すると判定した場合には、更に前記命令されたロボット移動目標位置に代わるロボット移動目標位置を決定するソフトウェア手段(ケージ内外判定/ロボット位置変換ソフトウェアと呼ぶことにする。)。具体的には、前記命令されたロボット位置と前記ロボット動作許容領域内に予め設定された基準点とを結ぶ直線と前記ロボット存在許容領域の境界との交点を求めて該交点位置をロボット移動目標位置とするプログラムが用いられる。

〔0007〕これら〔1〕～〔3〕を含むソフトウェアケージが設定された状態でロボットに動作命令を与えれば、ソフトウェアケージ機能が発揮されたロボット動作が実現される。即ち、動作プログラムの再生あるいはロボット制御装置の教示操作盤からのマニュアル入力によりロボットの動作命令が出されると、ロボット制御装置は、補間計算によりロボットの移動目標位置(予定位)が逐次的に定められるが、上記ソフトウェアケージが作動すると、その予定された移動目標位置が前記ロボット動作許容領域に属するか否かが判定され、ロボット動作許容領域内に属しない場合には前記予定されたロボット位置と前記ロボット動作許容領域内に予め設定された基準点とを結ぶ直線と前記ロボット存在許容領域の境界との交点位置が計算される。

〔0008〕そして、前記当初に予定されたロボット移動目標位置が前記ロボット動作許容領域に属する場合には該位置を実際にロボット移動目標位置としてロボットを移動させ、ロボット動作許容領域内に属しない場合には前記交点位置を実際のロボット移動目標位置としてロボットを移動させる制御が実行される。

〔0009〕

【実施例】図1は、溶接トーチをハンド部に支持させてアーク溶接作業を行なうロボットに対して、本願発明の制御方法を実施する際に使用可能なロボット制御装置の構成を要部ブロック図で示したものである。図中、ロボット制御装置10は中央演算処理装置(以下、CPUという。)11を有し、該CPU11には、ROMからな

るメモリ12、RAMからなるメモリ13、CMOS素子等からなる不揮発性メモリ14、LCD(液晶ディスプレイ)15を備えた教示操作盤16、ロボットの各軸を制御するロボット軸制御部17、及び汎用信号インターフェイス19がバス20を介して接続されている。

〔0010〕ロボット軸制御部17は更にサーボ回路18を経由してロボット本体30に接続され、汎用インターフェイス19にはオフラインプログラミング装置40並びに溶接トーチへ供給する電圧/電流を制御する溶接トーチ制御器50が接続されている。

〔0011〕ROM12には、CPU11がロボット30及びロボット制御装置10自身の制御の為に実行する各種のプログラムが格納されている。RAM13はデータの一時記憶や演算の為に利用されるメモリである。不揮発性メモリ14には、教示操作盤16から、あるいはオフラインプログラミング装置40から汎用インターフェイス19を介して、各種パラメータ設定値やオフラインで作成されたプログラムが格納される。

〔0012〕上述の構成は、従来の溶接ロボットの為にロボット制御装置と基本的に変わるところはないが、本願発明の制御方法を実施する為に、作用の説明の欄で説明した諸データ及びプログラムがソフトウェアケージを不揮発性メモリ14に格納・設定される点が従来とは相異している。本実施例では、図2(1)、(2)に示した態様で、突合せ溶接を行なうケースに対してソフトウェアケージを設定するものとする。図2(1)において、 W_1 、 W_2 はワークテーブルTB上にセットされた厚さdの長方形平板ワーク及び鉛直壁部Hを有するL字ワークで、両者の直線状の突合せ部R1 R2に対して、ロボットハンド部1に取り付けられた溶接トーチ2によるアーク溶接が行なわれる様子が模式的に示されている。

〔0013〕符号3は、ロボットのツール先端点として制御装置10に設定済みの溶接トーチ2の先端点を表わしている。また、 Σw はロボット制御装置10に設定済みのワーク座標系で、 O_w はその原点であり、各座標軸XYZ図示されている通り各々ワークテーブルTBの各辺に一致するように設定されている。そして、各ワーク W_1 、 W_2 の各稜線は、図示されて如くワーク座標系 Σw のXYZ軸のいずれか1つと平行となる関係でアラインメントをとって配置されているものとする。

〔0014〕図2(1)には、このようなケースにおいて各ワーク W_1 、 W_2 あるいはワークテーブルTBとの干渉乃至衝突を回避する上で有効な動作許容領域(ケージ)が破線で描かれた直方体C1～C8で示されている。Γ1～Γ6はC1 C2 C3 C4～C1 C4 C8 C5で囲まれた6個の面を表わしている。

〔0015〕図2(1)のツール先端点3付近の領域Eを拡大してX軸方向から見た断面図である図2(2)に明瞭に示されているように、面Γ1はワーク W_1 の上面

及びワークW2の水平部の上面に一致し、面 Γ_2 は鉛直壁部Hの内側面と一致するように設定される。また、残りの面 $\Gamma_3 \sim \Gamma_6$ は、ロボットの動作範囲をワークテーブル上方に充分な高さ（テーブル上から測って z_0 とする。）をとった空間と想定して定めるものとする。

【0016】ロボット制御装置10に対して、このよう*

$$\begin{aligned} C1 &= (0, 0, d); C2 = (x_0, 0, d); C3 = (x_0, y_0, d) \\ &: C6 = (x_0, 0, z_0) \quad \dots\dots (1) \\ C4 &= (0, y_0, d); C5 = (0, 0, z_0); C7 = (x_0, y_0, z_0); C8 = (0, y_0, z_0) \quad \dots\dots (2) \end{aligned}$$

ロボット制御装置10内では、上記データを用いて次の関数 $f_1(X, Y, Z) \sim f_6(X, Y, Z)$ が生成される。これら関数 $f_1 \sim f_6$ を使えば、ロボット動作許*

$$\begin{aligned} \Gamma_1; f_1(X, Y, Z) &= Z - d \quad \dots\dots (3) \\ \Gamma_2; f_2(X, Y, Z) &= -Y + y_0 \quad \dots\dots (4) \\ \Gamma_3; f_3(X, Y, Z) &= -Z + z_0 \quad \dots\dots (5) \\ \Gamma_4; f_4(X, Y, Z) &= -X + x_0 \quad \dots\dots (6) \\ \Gamma_5; f_5(X, Y, Z) &= Y = 0 \quad \dots\dots (7) \\ \Gamma_6; f_6(X, Y, Z) &= -X = 0 \quad \dots\dots (8) \\ f_i &= 0 \quad (i = 1 \sim 6) \quad \dots\dots (9) \end{aligned}$$

そして、境界を含めた直方体領域は、次の6個の不等式

$$f_i \geq 0 \quad (i = 1 \sim 6)$$

を同時に満たす点の集合として定義される。従って、上記(10)式の成立／不成立を確かめることによって、任意の点が設定された直方体領域に属するかどうかを判定出来ることになる。なお、各面 Γ_i に対応した関数 f_i には ± 1 の係数の自由度が残されているので、例えば、ケージ内に確実に存在する1点の座標値を代入して各 f_i の値がすべて正になるものを選定すれば上記設定が可能になる（後述する基準点Sの座標値を代入して、全 $f_i > 0$ の条件を課すことも考えられる）。

【0017】本実施例では、ロボットに対して与えられた動作命令に基づいて定められる移動目標点（以下「予定点」と言う。）について、上記態様で設定されたロボット動作許容領域（ケージ）の内外判定を行ない、もし領域外（上記不等式の不成立）の判定がなされた場合には、その点をロボット動作許容領域の境界面上の点に変換することを考える。具体的には、ロボット動作許容領域内部の適宜位置に基準点S（ X_s, Y_s, Z_s ）を設定し、基準点Sと領域外の予定点を結ぶ直線を定め、この直線とロボット動作許容領域境界面（ $\Gamma_1 \sim \Gamma_6$ ）の交点を求め、これを移動目標点に切り換えた上でロボット移動を実行させる。

【0018】図2(2)には、上記直方体形状のロボット動作許容領域が設定された下でブレイバック方式による教示を行なう場合を例にとり、予定点とこれを切り換えて指定される移動目標点の関係が描かれている。今、オペレータがロボットをジョグ送りあるいはオフラインプログラムのステップ再生により、位置P1から溶接部

*な直方体形状の動作許容領域を実際に設定する際には、 $C1 \sim C6$ の内、最低4個の頂点の位置が指定される。図示した例では、例えば $C1, C2, C3, C6$ のデータを下記(1)式のように指定すれば、残りの点 $C4, C5, C7, C8$ の位置は一意的に決定される。

※容領域を形成する各面 Γ_i （ $i = 1 \sim 6$ ）は、下記(9)式の方程式で表わされることになる。

$$\begin{aligned} \dots\dots (3) \\ \dots\dots (4) \\ \dots\dots (5) \\ \dots\dots (6) \\ \dots\dots (7) \\ \dots\dots (8) \\ \dots\dots (9) \\ \dots\dots (10) \end{aligned}$$

動する命令が与えられたものとする。

【0019】もし、上記ソフトウェアケージが設定されていなければ、ロボットのツール先端点がワークW1, W2の上面（ここでは Γ_1 面と一致。）を越えて進入しようとする際に、ワークW1, W2と衝突を起こす恐れがある。その際のロボット移動速度が大きければ、ツール、ワークあるいはロボットハンド部の破損事故を招くことになる。また、このような事故を防ぎつつ、教示点を最適位置（通常は、両ワークW1 W2の上面上で且つW1 W2間の中間位置と考えられる。）に定めることは、極めて困難である。

【0020】これに対し、上記態様でソフトウェアケージが設定されている場合には、P2へ向かう移動命令を受けたロボット制御装置10は、ケージ内外判定／ロボット位置変換ソフトウェアによる処理を実行し、まず、点P2へ向かう経路上の補間点毎にケージ内外いずれに属する点であるかを判別する。即ち、上記関数 $f_1 \sim f_6$ に各補間点の座標値を代入し、その正負をチェックして内外判別を行なう。本例の場合、Z座標値がdを下回る補間点について $f_1 < 0; f_2 \sim f_6 > 0$ となり、ロボット動作許容領域外の点であると判別される。

【0021】すると、ケージ内外判定／ロボット位置変換ソフトウェア処理が更に進められ、この各予定点と基準点Sを通る直線が求められ、該直線と直方体領域表面との交点を計算し（一般に、2個存在する。）、その補間点と基準点Sの間に位置したものを選択して、移動目標点とする。

【0022】図には、予定された移動終点P2に対する

30

40

50

変換点Q2が、直線L2sと面 Γ 1との交点として記されている。Q2'はSP2間にないので棄却される。2つの交点Q2とQ2'を識別するアルゴリズムとしては、例えば、直線距離P2Q2と直線距離P2Q2'を計算し、より小さい値を与えるQ2を選択するルールを採用すれば良い。

【0023】図示したケースにおける実際のロボット経路は、P1→Q1（直線P1P2と面 Γ 1の交点）→Q2となり、ツールとワークの衝突事故が回避される。また、点Q2あるいはこれを僅かに修正した点（その際にもソフトウェア機能が働いて、ロボットがケージ外へ出ることが無い。）を教示点とすることが出来るから、教示作業が効率化される。

【0024】以上説明したロボット動作許容領域の設定～ロボット移動までの操作手順及びロボット制御装置のCPU処理を、一般化した形でフローチャート形式で記すと図3及び図4のようになる。図3は、ロボット動作に先だって実行されるケージ設定手順／処理をまとめたものであり、先ず、オペレータが教示操作盤16を操作して、ロボット動作許容領域の形状の型（直方体、円柱、球、それらの組合せ等の別）を指定し（ステップS1）、指定された形状の寸法を特定するパラメータCiを入力する（ステップS2）。なお、この設定は、座標値の入力で行なっても良いし、ロボットを動かして教示しても良い。また、オフラインデータを用いてオフラインプログラミング装置40上で設定したものをロボット制御装置10に転送する方式としても良い。

【0025】図2で説明した事例では、4つの頂点の位置の座標値がCiとして採用可能である。また、例えばステップS1で円柱を指定した場合には、円柱の中心と上面を通る点の座標値、円柱の中心と下面を通る点の座標値、円柱の半径を入力する。一般に、このパラメータの選び方は一意的ではないので、アプリケーションに応じた使い易いものを設定する方式とすることが好ましい。

【0026】パラメータCiが設定されると、CPU11は、ロボット動作許容領域を表現する為の関数fiを計算する（ステップS3）。上記説明した事例におけるf1～f6がこれに相当する。但し、既述したように関数fiには正負の自由度があるので、この段階では1つの面について2通りずつの関数±fiが求められることになる。

【0027】次いで、オペレータは明らかにケージ内に属する基準点Sを定める（ステップS4）。この設定も、座標値の入力で行なっても良いし、ロボットを動かして教示しても良い。次いで、CPU11は、基準点S(Xs, Ys, Zs)について、関数±f(Xs, Ys, Zs)を計算する（ステップS5）。そして、関数値が正の値をとるもの（+fiで表わす。）を選択し、ロボット動作許容領域境界面を代表する関数として設定

して（不揮発性メモリ14内に格納；ステップS6）、ケージ設定を終了する。

【0028】次に、図4は、上記ケージ設定を行なった後のロボット動作（ソフトウェアケージ機能動作と言う）の処理を概括したものであり、先ず、オペレータが教示操作盤16からの指令あるいはプログラム再生によってロボット移動命令（ここでは、P0→P1とする。）が出されると（ステップM1）、補間点P0j（j=1, 2, 3・・・）の位置の計算が開始される（ステップM2）。すると、直ちに計算された補間点位置(X0j, Y0j, Z0j)について、設定されたロボット動作許容領域の内外判定を行なう為、上記設定された各関数fi(X, Y, Z)に各々X=X0j; Y=Y0j; Z=Z0jを代入してその値が計算される（ステップM3）。そして、もしfi<0となるfiが存在しなければ、その点P0jはロボット動作許容領域内または境界面上の点と判断し（ステップM4）、直ちにP0jを目標点としてロボットを移動させ（ステップM5）、ステップM11で補間点の残余の有無をチェックした上でステップM2以下に戻る。

【0029】一方、もしステップM4でいずれかのfiについてfi<0となったならば、それは点P0jがロボット動作許容領域外の点であると判断して、ステップM6以下へ進む。

【0030】ステップM6では、基準点Sとロボット動作許容領域外のP0jを通る直線を求め、続くステップM7では各面 Γ iとの交点Qiの位置を計算する。例えば、円柱状のロボット動作許容領域が設定されている場合であれば、円筒面、上面、底面の各々について交点が定められる筈d4eある。次いで、各交点Qmの位置座標値(Xqm, Yqm, Zqm)についてfiの値を計算し、すべてのfiに対してfi≥0を満たす交点を探し出す。一般には、2つの交点Qk, Qtが見い出される筈である（ステップM8）。

【0031】そして、P0jQk間及びP0jQt間の直線距離を計算し（ステップM9）、よりP0jに近い方の点を移動目標点とするロボット移動を実行する（ステップM10）。

【0032】ステップM11で残余補間点の有無を確認し、もしあればステップM2へ戻って上記処理を繰り返す。補間点がロボット動作許容領域外にある間のロボット経路はロボット動作許容領域の境界を形成するいずれかの面上に乗ったものとなる。

【0033】ロボットが、P1に到達すると、ステップM11でNOの判断がなされ、ソフトウェアケージ機能動作によるロボット移動を完了する。

【0034】最後に、本願発明のソフトウェアケージ機能を各軸補間モードによるロボット移動に対して適用するケースについて図5を参照して説明する。図5において、RはロボットでRHはハンドを表わしている。ロ

ボットRは低い天井WL1と壁面WL2に囲まれた狭い作業空間に設置されているものとする。ロボットRが行なう作業として、ハンドRHによってテーブルTB0上の点P0からテーブルTB1上の点P1へワーク(図示省略)を把持・搬送する作業を想定する。このような把持・搬送作業のケースにおいては、P0 P1間の移動経路は本来的には重要でなく、始点P0と終点P1についてロボットRの位置・姿勢が定められていれば良い筈である。

【0035】そこで、始点P0と終点P1のみについてロボットRの位置・姿勢を教示し、途中経路はロボットRの各軸値 $\theta_1 \sim \theta_6$ について、始点P0(各軸値; $\theta_1(0) \sim \theta_6(0)$)とP1(各軸値; $\theta_1(1) \sim \theta_6(1)$)間で補間計算を逐次的に行ないながら、ロボットRを移動させる方式が採用されることがある。この方式は、教示が簡便である点で有利であるが、途中経路が不規則で予想し難いという問題点がある。特に、図示されたような作業空間が狭いケースでは、天井WL1や壁面WL2と干渉を起こす恐れがある。

【0036】即ち、図に例示したようにP0からスタートしたロボットは途中の軌道Bの部分で強い干渉を起こすような場合が想定される。ところが、本願発明を適用し、図示されたようなロボット動作許容領域 Λ と基準点Sを設定すれば、上記説明したソフトウェア機能によって、軌道Bは各直線Lとケージ Λ の境界面との交点を次々と辿る軌道に変換させる。従って、ロボットをP0 \rightarrow Q1 \rightarrow A \rightarrow Q2 \rightarrow P1と移動させ、天井WL1や壁面WL2との干渉を回避することが出来る。このように、各軸補間移動方式によるロボット動作を周囲物体との干渉を心配することなく適用することが出来る。なお、この方式による移動においては前述したステップM2に対応した補間点位置の計算は、各軸値 $\theta_1 \sim \theta_6$ の補間計算結果から計算可能であることは言うまでもない。

【0037】また、以上説明した実施例において用いた各種アルゴリズムは、あくまで例示的なものであり、ロボット動作許容領域の設定、ロボット動作許容領域内外判定、移動目標点の変換等の計算手法には、本願発明の技術思想を逸脱しない範囲で多くの変形が有り得ることは明らかであろう。

【0038】

【発明の効果】本願発明によれば、実際の作業空間内における動作許容領域の境界が明確で、実際に必要とされる動作許容領域に整合したケージ設定が容易であり、動作許容領域から外れる命令を受けた場合でも、合理的に移動目標点の変更を行なうことによってロボット動作を継続することが可能なソフトウェア機能を備えたロボット制御方法が提供される。また、本願発明の方法

には、動作許容領域を変更する場合でも、動作プログラム自体の変更を要しないという利点がある。更に、本願発明をブレーバック方式による位置教示時に併用実行することにより、ワークとツールの衝突等の危険からオペレータを解放しつつ、オペレータの教示作業を支援して、制限領域付近での動作教示を容易とする効果も期待出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】溶接ロボットに対して、本願発明の制御方法を実施する際に使用可能なロボット制御装置の構成を要部ブロック図で示したものである。

【図2】突合せ溶接を行なうケースに対して設定されるソフトウェアケージを例示した図で、(1)は全体の見取図であり、(2)は(1)においてEで示した部分を中心に拡大して描いた断面図である。

【図3】ロボット動作に先だって実行されるケージ設定手順/処理をまとめたフローチャートである。

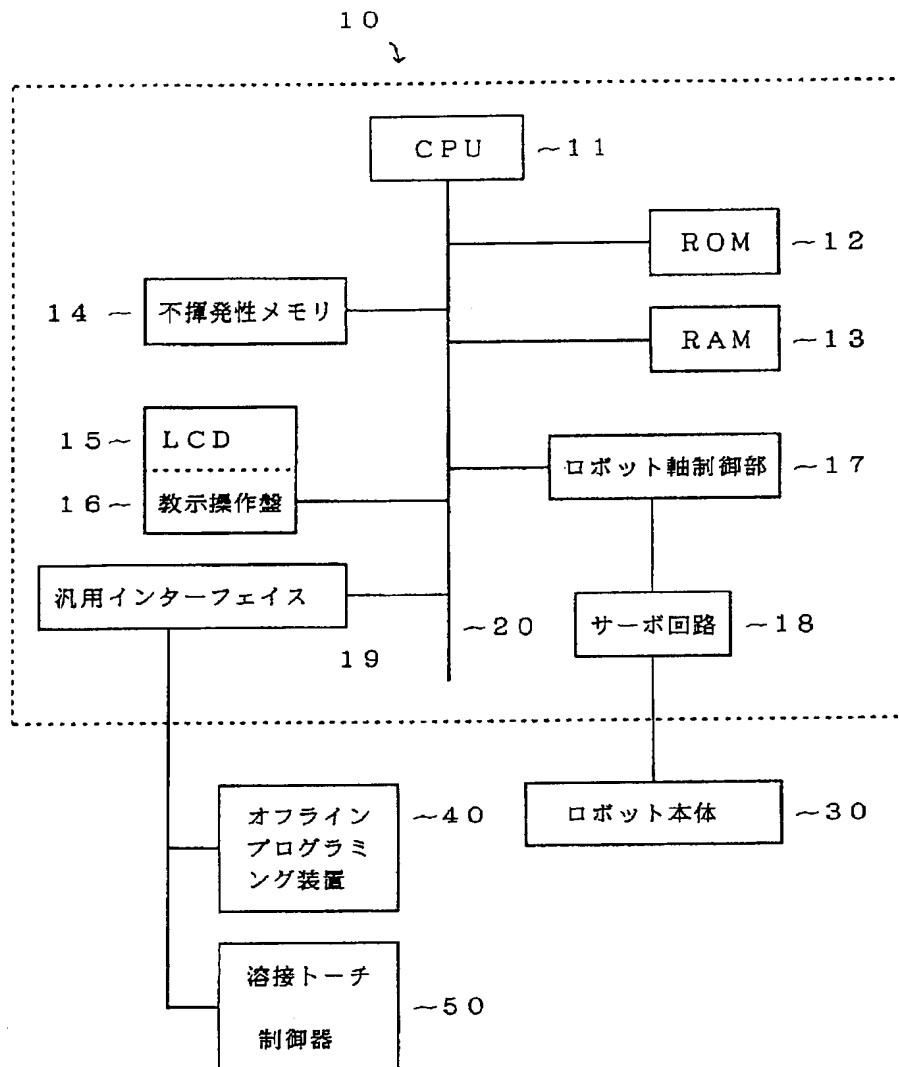
【図4】図3に示したフローチャートに従ってケージ設定を行なった後のロボット動作(ソフトウェアケージ機能動作)の処理を概括したフローチャートである。

【図5】本願発明のソフトウェアケージ機能を各軸値補間モードによるロボット移動に対して適用したケースを説明する図である。

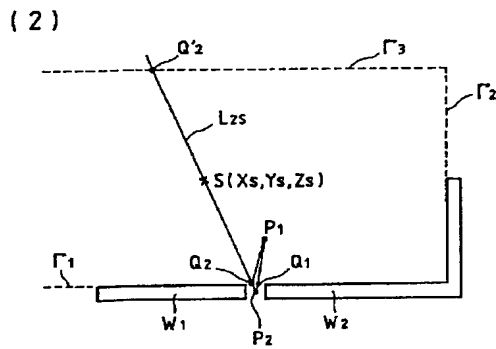
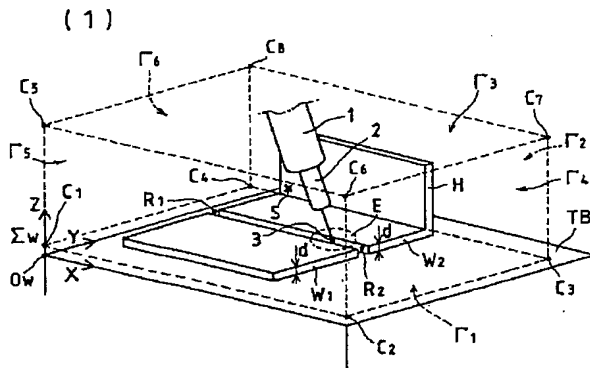
【符号の説明】

- 1 ロボットハンド部
- 2 溶接トーチ
- 3 溶接トーチ先端
- 10 ロボット制御装置(ロボットコントローラ)
- 11 中央演算装置(CPU)
- 12 メモリ(ROM)
- 13 メモリ(RAM)
- 14 不揮発性メモリ
- 15 LCD(液晶表示装置)
- 16 教示操作盤
- 17 ロボット軸制御部
- 18 サーボ回路
- 19 インターフェイス
- 20 バス
- 30 ロボット本体
- 40 オフラインプログラミング装置
- 50 溶接トーチ制御器
- H 鉛直壁部
- R ロボット
- W1, W2 ワーク
- WL1 天井
- WL2 壁面
- $\Gamma_1 \sim \Gamma_6$ ロボット動作許容領域境界面
- Λ ロボット動作許容領域

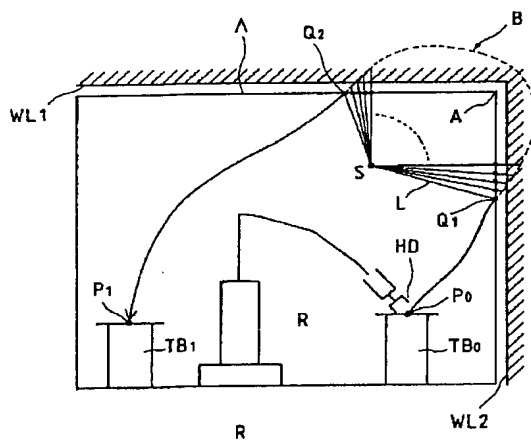
【図1】



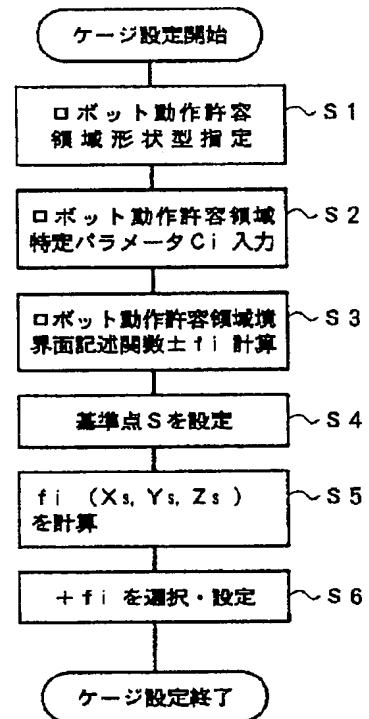
【圖 2】



【図5】



【圖 3】



【図4】

